

论坛与资讯

## FAHP 在包装材料库存分类管理中的应用

李付伟<sup>1</sup>, 孙昊<sup>1,2</sup>, 王利强<sup>1,2</sup>, 钱怡<sup>1</sup>, 张新昌<sup>1,2</sup>

(1.江南大学, 无锡 214122; 2.江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 无锡 214122)

**摘要:** **目的** 解决在包装企业的生产库存管理中, 由于包装材料的价格差异不大, ABC 分类库存控制法不能很好地进行分类管理, 使用层次分析法分类则不够客观, 而且其矩阵一致性检验过于繁琐的问题。**方法** 采用模糊层次综合评价法 (FAHP) 对包装材料进行分类, 并与目前使用的方法分类结果进行对比。**结果** 模糊层次综合评价法可以更加客观系统地对包装材料库存进行分类。**结论** 模糊层次综合评价法比 ABC 分类法和层次分析法更加科学有效。

**关键词:** 模糊层次综合评价法; 包装材料; 库存分类管理

中图分类号: TB488 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)13-0201-06

### Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process in the Packaging Inventory Classification Management

LI Fu-wei<sup>1</sup>, SUN Hao<sup>1,2</sup>, WANG Li-qiang<sup>1,2</sup>, QIAN Yi<sup>1</sup>, ZHANG Xin-chang<sup>1,2</sup>

(1.Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2.Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment & Technology, Wuxi 214122, China)

**ABSTRACT:** In the packaging enterprise inventory management, the difference of the packing material price is not very huge, thus the ABC classification cannot classify the material well. The Analytic Hierarchy Process classification is not objective, and matrix consistency check is too complicated. In order to solve this problem, the fuzzy analytical hierarchy process was adopted to classify raw materials. Compared with the results of current method, it could classify the packaging material inventory more objectively. FAHP is more scientific and effective than the ABC classification and the Analytic Hierarchy Process.

**KEY WORDS:** FAHP; packaging materials; inventory classification management

在工业产品制造企业里, 包装成本在商品生产总成本中占有较大的比重。企业想在激烈的市场竞争中获胜, 降低生产成本是重要措施, 而降低包装成本, 也成为提高企业市场竞争力的措施之一<sup>[1]</sup>。包装企业应当尽可能地降低生产管理成本以达到客户的要求, 其中, 在包装企业运营过程中, 包装原料和产品的库存管理对企业影响非常巨大。良好的库存管理不仅可以节省成本, 而且还可以提高企

业运营效率。目前包装生产企业并没有对库存管理给予足够的重视, 特别是面对客户多样化的包装产品需求, 使包装企业库存管理更加复杂。针对目前包装企业库存管理的现状, 首先要对包装原料和产品进行合理分类, 根据不同准则综合评价。根据不同种类的物品特性采用不同的管理策略, 从而达到降低企业成本的目的<sup>[2]</sup>。

文中主要针对包装生产企业的库存分类方法进

收稿日期: 2015-12-23

作者简介: 李付伟 (1990—), 男, 安徽阜阳人, 江南大学硕士生, 主攻现代物流工程与包装。

通讯作者: 张新昌 (1961—), 男, 河南人, 江南大学教授、硕导, 主要研究方向为产品包装技术、包装材料与制品。

行研究。由于包装材料的价格都不会有太大的差距,当前按价格分类的库存分类方法存在一定的缺陷。ABC 分类法是一种定性分析的科学管理技术<sup>[3-4]</sup>。目前使用 ABC 分类法进行分类主要考虑原料价格或销售数量,并没有综合考虑到运输成本、存储条件、采购难度等因素,分类准则过于单一,考虑因素不够周全,具有一定的片面性,不能很好地解决生产材料库存分类的问题。目前库存分类除 ABC 分类法外,还有层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 与 ABC 分类法相结合的方法<sup>[5-8]</sup>。层次分析法存在诸如矩阵一致性判断过程繁琐、判断矩阵的一致性调整过程复杂以及一致性判断标准欠合理等问题。文中提出了一种用于包装产品库存分类的模糊层次综合评价法,以弥补传统方法的不足。

## 1 模糊层次综合评价法的实施过程

模糊层次综合评价法 (Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP) 是结合层次分析法与模糊综合评价法的优点,弥补二者不足的一种改进评价方法<sup>[9]</sup>。其主要特点是在模糊综合评价法的基础上,在评价因子权重分配环节上采用层次分析法。这样既可以很好地发挥层次分析法在确定权重系数上的优势,又可以尽量减少层次分析法存在的问题<sup>[10-13]</sup>。

模糊层次综合评价法主要过程为确定各集合对象,选择合适隶属度函数模型并算出相应的参数,确定权重分配矩阵和模糊综合评判矩阵,最后通过公式算出结果。

### 1.1 各集合对象的确定

设对象集、因素集和评语集分别为  $O, U, V$ , 其中的各集合元素为  $o_1, o_2, \dots, o_k; u_1, u_2, \dots, u_m; v_1, v_2, \dots, v_n$ 。

根据已知的  $U$  和  $V$ , 二者可以通过矩阵  $R$  来建立联系。其中,  $r_{ij}$  表示第  $i$  种评价因子的包装材料可以被评为第  $j$  类的可能性, 即  $i$  对  $j$  的隶属度。

$$R = [r_{ij}] = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

由模糊理论, 定义  $U$  和  $V$  上的模糊子集分别为:

$$A = \frac{c_1}{u_1} + \frac{c_2}{u_2} + \cdots + \frac{c_m}{u_m} \quad (2)$$

$$B = \frac{d_1}{v_1} + \frac{d_2}{v_2} + \cdots + \frac{d_n}{v_n} \quad (3)$$

式中:  $c_i$  为  $u_i$  在所有因子中所起的作用大小的度量;  $d_j$  为  $v_j$  对综合评定模糊子集的隶属程度。

当已知模糊向量  $A$  和模糊关系矩阵  $R$  时, 综合评价模糊子集为:

$$B = (d_j) = \left( \bigcup_{i=1}^{m+1} c_i \cap r_{ij} \right) \quad j=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

在计算出  $d_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) 的值后, 由  $d_j$  的值即可得出包装材料的评定结果<sup>[14-15]</sup>。

### 1.2 隶属函数的确定方法

在综合层次评价过程中, 隶属度函数确定起着非常重要的作用。它决定着每一个评价因素符合某种物料特性的程度。如果隶属度函数不符合现实情况, 评价结果将严重偏离现实。采用不同方法建立隶属度函数的目的只有一个, 就是让隶属度函数更加贴近现实情况。其中需要对建立的隶属度函数进行不断地改进和分析, 最终使其达到一个稳定贴近实际的状态<sup>[16]</sup>。以下为一些常用隶属度函数的表达式。

1) 矩形分布:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ 1 & a \leq x < b \\ 0 & b \leq x \end{cases} \quad (5)$$

2) 梯形分布:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x < d \\ 0 & d \leq x \end{cases} \quad (6)$$

3) 正态分布:

$$A(x) = e^{-\left(\frac{x-e}{\sigma}\right)^2} \quad -\infty < x < +\infty \quad (7)$$

### 1.3 权重分配矩阵的确定

权重大小在综合评价过程中体现了某因素在

决策中所起的作用,对评价结果有十分重要的影响。层次分析法能很好地把各因素分为不同层次,再根据模糊理论判断,把不同层次权重用数值表现出来,然后确定各元素的权重系数。层次分析法在构建判别矩阵时,一般采用 1~9 及其倒数的标度方法,见表 1<sup>[5]</sup>。

表 1 标度  
Tab.1 Scale table

标度 $a_{ij}$	含义
1	$i$ 因素与 $j$ 因素同等重要
3	$i$ 因素比 $j$ 因素略重要
5	$i$ 因素比 $j$ 因素较重要
7	$i$ 因素比 $j$ 因素非常重要
9	$i$ 因素比 $j$ 因素绝对重要
2, 4, 6, 8	为以上判断之间的中间状态对应的标度值
1, 1/2, ..., 1/9	若 $i$ 因素与 $j$ 因素比较, 得到判断值为 $a_{ji} = 1/a_{ij}, a_{ii} = 1$

### 1.4 确定模糊综合评判矩阵

根据上文得出模糊向量  $A$  和模糊关系矩阵  $R$  后,对它们进行复合运算得到综合评价模糊子集  $B$ ,然后得出包装原材料的分类评价结果<sup>[17]</sup>。综合评价公式为:

$$B = A * R \tag{8}$$

式中:运算符号“\*”为合成算子。

目前用于模糊综合评判模型的算子主要有以下 4 种:

1)  $M(\wedge, \vee)$  算子:

$$s_k = \bigvee_{j=1}^m (\mu_j \wedge r_{jk}) = \max_{1 \leq j \leq m} \{ \min(\mu_j, r_{jk}) \},$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

2)  $M(\bullet, \vee)$  算子:

$$s_k = \bigvee_{j=1}^m (\mu_j \cdot r_{jk}) = \max_{1 \leq j \leq m} \{ \mu_j \cdot r_{jk} \},$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

3)  $M(\wedge, \oplus)$  算子:

$$s_k = \min \left\{ 1, \sum_{j=1}^m \min(\mu_j, r_{jk}) \right\}, k = 1, 2, \dots, n$$

4)  $M(\bullet, \oplus)$  算子:

$$s_k = \min \left( 1, \sum_{j=1}^m \mu_j r_{jk} \right), k = 1, 2, \dots, n$$

以上 4 种模型算子在模糊综合评价实施过程

中的特点见表 2<sup>[14]</sup>。

表 2 4 种模糊型算子在模糊综合评价中的特点  
Tab.2 Characteristics of four kinds of fuzzy operator in the fuzzy comprehensive evaluation

特点	算子			
	$M(\wedge, \vee)$	$M(\bullet, \vee)$	$M(\wedge, \oplus)$	$M(\bullet, \oplus)$
体现权数作用	不明显	明显	不明显	明显
综合程度	弱	弱	强	强
利用 $R$ 的信息	不充分	不充分	比较充分	充分
类型	主因素突出型	主因素突出型	加权平均型	加权平均型

## 2 案例分析

### 2.1 研究对象描述

F 公司为一家电梯包装生产企业,为多家大型电梯制造公司提供包装。目前,电梯包装多采用木包装,其主要构成材料为木材、胶合板、刨花板、钢带、铁钉、螺钉、油墨等。根据企业生产现状进行分析,选出价格(元)、运输距离(km)、体积( $m^3$ )、采购周期(d)、月消耗量(元)等 5 个关键评价指标对包装原材料进行分类评价。公司提供的数据见表 3。

表 3 包装原材料评价因素指标统计  
Tab.3 Statistics of packaging materials evaluation index

材料	评价因素				
	单位 价格/元	运输 距离/km	体积/ $m^3$	采购 周期/d	月消 耗量/元
胶合板	50	237	0.029	3	302 083
刨花板	80	260	0.058	3	147 222
木材	180	640	0.092	5	409 860
钢带	4	40	0.094	2	42 000
铁钉	70	10	0.012	1	189
螺钉	80	10	0.012	1	120
油墨	20	40	0.01	2	400

### 2.2 库存分类评价方法

#### 2.2.1 确定隶属度函数

把统计数据 and 已有的模糊数学隶属度函数相结合,经过不断地实践检验和修改,最终得出相对稳定且符合实际的三角形隶属函数。三角形函数相

对于其他函数具有计算简单、应用范围广、控制效果好等特点。

$$A(x) = \begin{cases} 1, & x \geq a_1 \\ \frac{x-a_2}{a_1-a_2}, & a_2 \leq x < a_1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (9)$$

$$B(x) = \begin{cases} \frac{x-a_3}{a_2-a_3}, & a_3 < x \leq a_2 \\ \frac{a_2-x}{a_1-a_2}, & a_2 < x \leq a_1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

$$C(x) = \begin{cases} 1, & x \leq a_3 \\ \frac{a_2-x}{a_2-a_3}, & a_3 < x \leq a_2 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (11)$$

以上 3 个式子中，分别表示了包装材料对 A 类、B 类和 C 类的隶属度。A 类材料属于重点管理对象，通常库存盘点和安全库存设定都会比较严格；B 类材料属于比较重要原材料，通常管理严格程度低于 A 类；C 类原材料属于一般原材料，在仓储分类管理中可以相对宽松。其中  $a_1, a_3$  分别表示对以上某因素下的最大值和最小值， $a_2$  表示某因素下的平均值。

### 2.2.2 单因素评价，确定模糊关系矩阵

以胶合板物料为例，建立模糊关系矩阵。结合所给数据和隶属度函数可得，胶合板的模糊评价矩阵为：

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0.780 & 0.220 \\ 0.130 & 0.870 & 0 \\ 0 & 0.553 & 0.447 \\ 0.222 & 0.778 & 0 \\ 0.616 & 0.384 & 0 \end{bmatrix}$$

### 2.2.3 评价因素权重的确定

为了尽量做到层次分析法的主观与客观的统一，评价因素权重分别由不同部门给出，然后进行平均得出关系矩阵。例如，以胶合板为例，分别让公司采购部门、生产部门、库存管理部门给出相应的权重关系。然后根据三者的比重取其平均值作为最终的权重值。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 8 & 5 & 4 \\ \frac{1}{3} & 1 & 5 & 2 & 2 \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{5} & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 3 & 1 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

又计算出矩阵最大特征值和对应的最大特征向量：

$$\lambda = 5.108,$$

$$A = (0.498, 0.212, 0.040, 0.101, 0.148)^T$$

$$\text{用一致性指标进行检验： } CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1},$$

$CR = \frac{CI}{RI}$ ，其中  $n$  为矩阵的阶数，RI 可根据  $n$  值选取（矩阵阶数  $n=1,2,\dots,11$  时，对应的 RI 分别为 0, 0, 0.58, 0.90, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45, 1.49, 1.51）<sup>[8]</sup>。

代入数据，算得  $CI=0.027$ 。由于矩阵阶数为 5，所以 RI 取值为 1.12，算得  $CR=0.024 < 0.1$ 。

由以上结果可知，判断矩阵的一致性检验结果合理。

## 2.3 评价结果

根据 4 种综合评价模型算子的特点，并结合实际需要，选取模型算子对结果进行综合评判。代入式(8)得：

$$B = (0.498, 0.212, 0.040, 0.101, 0.148) *$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0.780 & 0.220 \\ 0.130 & 0.870 & 0 \\ 0 & 0.553 & 0.447 \\ 0.222 & 0.778 & 0 \\ 0.616 & 0.384 & 0 \end{bmatrix} = (0.141, 0.730, 0.127)$$

根据最大隶属度原则，胶合板应该属于 B 类物料。根据同样的方法，以此求得各物料的分类结果，其中胶合板和刨花板为 B 类物料，木材为 A 类物料，镀锌钢带、铁钉、螺钉和油墨为 C 类物料。

## 2.4 结果对比

### 2.4.1 ABC 分类法分类

根据所收集的数据，使用 ABC 分类法对以上

物料进行分类。以胶合板为例,对其进行分类。根据表 3 可知,胶合板单价为 50 元/m<sup>2</sup>。其库存金额为 4 万元,占总库存金额的 16%。根据 ABC 分类法的分类标准,胶合板为 C 类物品。根据同样的方法,算得镀锌钢带和油墨为 C 类物料,刨花板、铁钉和螺钉为 B 类物料,木材为 A 类物料。

#### 2.4.2 层次分析法分类

根据层次分析法对以上物料进行分类。由于层次分析法的计算步骤非常繁琐,接下来主要叙述关于层次分析法的主要步骤,并取胶合板为例进行分析。

1) 确定目标层和准则层。目标层确定合适的物料类型  $G$ , 准则层为单位价格  $P_1$ 、运输距离  $P_2$ 、体积  $P_3$ 、采购周期  $P_4$ 、月消耗量  $P_5$ 。方案层为 A, B, C 等 3 类标准。

2) 确定准则层各因子的权重、方案层对准则层各因子的权重,并进行一致性检验。其中准则层各因子权重为  $A$ 。方案层对准则层各因子权重为  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$ 。对以上矩阵进行特征值和特征向量求解并归一化处理。 $A$  归一化后的特征向量为:

$$\omega_0=(0.498,0.212,0.040,0.101,0.148)^T$$

求得  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$  的特征向量分别为  $\omega_1=(0.070,0.223,0.707)^T, \omega_2=(0.349,0.483,0.168)^T, \omega_3=(0.110,0.309,0.581)^T, \omega_4=(0.122,0.558,0.320)^T, \omega_5=(0.590,0.227,0.183)^T$ 。

3) 最终决策层组合权向量  $C=W \omega_0$ 。其中,  $W=(w_1 w_2 w_3 w_4 w_5)$ 。由此可得组合权向量  $C$ 。代入相应数据,得  $C=(0.213,0.316,0.470)$ , 所以,根据最大隶属度原则,胶合板属于 C 类物料。同理可得,镀锌钢带、螺钉、铁钉和油墨为 C 类物料,刨花板为 B 类物料,木材为 A 类物料。

#### 2.4.3 分类结果对比

与模糊综合评价法的评价结果相比,可以看出胶合板、铁钉和螺钉几种物料的所属类别存在差异。根据实际情况分析可知,胶合板是木包装生产的主要原料,应该作为 B 类物料管理;而铁钉和螺钉属于次要原材料,不需要进行很精确的管理,应该作为 C 类物料管理,由此可以看出模糊综合评价法的科学合理性。

### 3 结语

为了更好地对包装原材料和产品进行分类管

理,采用模糊综合评价法对目前包装材料进行了分类。通过建立合适的隶属函数,合理地建立模糊关系矩阵,减少了人的主观评价对结果的影响;而且通过选用  $M(\bullet, \oplus)$  模型算子,充分体现了各个因素的作用,起到了很好的综合评价效果。通过与 ABC 分类法结果的对比分析,可以很好地看出模糊综合评价法的科学合理性。

#### 参考文献:

- [1] 蒋孟有, 张西振, 王奎, 等. 精益包装管理探析[J]. 包装工程, 2005, 26(5):5—7.  
JIANG Meng-you, ZHANG Xi-zheng, WANG Kui, et al. Lean Packaging Management Analysis[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(5):5—7.
- [2] 郑小林. 包装成本及经济效果的探讨[J]. 包装工程, 1992, 13(2):84—87.  
ZHENG Xiao-lin. Research of Packaging Costs and Economic Effect[J]. Packaging Engineering, 1992, 13(2):84—87.
- [3] 赵丽颖, 巩宿裕, 刘泽. AHP 改进的 ABC 分类法在汽车备件库存管理中的应用[J]. 物流技术, 2015, 34(5):247—250.  
ZHAO Li-bin, GONG Su-yu, LIU Ze. Improved AHP and ABC Classification Application in Car Spare Parts Inventory Management[J]. Logistics Technology, 2015, 34(5):247—250.
- [4] 廖斌. 基于 AHP 和 ABC 分析法相结合的库存产品分类研究[J]. 技术与市场, 2008(1):76—78.  
LIAO Bin. Based on AHP and ABC Analysis Method of Inventory Classification Research[J]. Technology and Market, 2008(1):76—78.
- [5] 崔南方, 罗雪. 维修备件基于 AHP 的 ABC 分类模型[J]. 工业工程与管理, 2004(6):33—36.  
CUI Nan-fang, LUO Xue. ABC Classification Model of Maintenance Spare Parts Based on AHP[J]. IE and Management, 2004(6):33—36.
- [6] 李惠杰, 李慧娟. 扩展的 ABC 分类法在库存管理中的应用[J]. 企业经济, 2007(7):54—56.  
LI Hui-jie, LI Hui-juan. Applications of Extension of ABC Classification in Inventory Management[J]. Enterprise Economic, 2007(7):54—56.
- [7] 纪静, 侯兴哲, 陈红芳, 等. 基于层次分析法的智能电能表软件质量评价[J]. 电测与仪表, 2015, 52(8):5—9.  
JI Jing, HOU Xing-zhe, CHEN Hong-fang, et al. Quality Evaluation of the Smart Meter Software Based on AHP Method[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2015, 52(8):5—9.
- [8] 刘海龙, 钱海忠, 王骁, 等. 采用层次分析法的道路网整体匹配方法[J]. 武汉大学学报, 2015, 40(5):644—651.  
LIU Hai-long, QIAN Hai-zhong, WANG Xiao, et al. Method of Using AHP for Whole Match Road Network

- [J]. Journal of Wuhan University, 2015, 40(5):644—651.
- [9] 卢文喜, 李迪, 张蕾, 等. 基于层次分析法的模糊综合评价在水质评价中的应用[J]. 节水灌溉, 2011(3): 43—46.  
LU Wen-xi, LI Di, ZHANG Lei, et al. Fuzzy Comprehensive Evaluation Based on Analytic Hierarchy Process Application in Water Quality Evaluation[J]. Water Saving Irrigation, 2011(3):43—46.
- [10] IAN D, RISTO L, PEKKA S. The Analytic Hierarchy Process with Stochastic Judgements[J]. European Journal of Operational Research, 2014, 38(2):552—559.
- [11] LI Li, LIU Fei, LI Cong-bo. Customer Satisfaction Evaluation Method for Customized Product Development Using Entropy Weight and Analytic Hierarchy Process[J]. Computers & Industrial Engineering, 2014, 77(1):80—87.
- [12] 焦艺, 刘璇毕, 金峰, 等. 基于灰色关联度和层次分析法的油桃果汁品质评价[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12):154—163.  
JIAO Yi, LIU Xuan-bi, JIN Feng, et al. Based on Gray Correlation Analysis and AHP for Nectarine Juice Quality Evaluation[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(12):154—163.
- [13] CHEN Ting, JIN Yi-ying, QIU Xiao-peng, et al. A Hybrid Fuzzy Evaluation Method for Safety Assessment of Food-waste Feed Based on Entropy and the Analytic Hierarchy Process Methods[J]. Expert Systems with Applications, 2014, 41(16):7328—7337.
- [14] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.  
CHEN Shui-li, LI Jing-gong, WANG Xiang-gong. Fuzzy Set Theory and Its Application[M]. Beijing: Science Press, 2005.
- [15] BAPI D, DEBASHREE G. Preference Programming Approach for Solving Intuitionistic Fuzzy AHP[J]. International Journal of Computational Intelligence Systems, 2015, 8(5):977—991.
- [16] 王季芳, 卢正鼎. 模糊控制中隶属度函数的确定方法[J]. 河南科学, 2000, 18(4):348—351.  
WANG Ji-fang, LU Zheng-ding. The Determination of Membership Function in Fuzzy Control Method[J]. Henan Science, 2000, 18(4):348—351.
- [17] CHEN S M. Aggregating Fuzzy Opinion in the Group Decision-making Environment[J]. Cybernetics and Systems, 1998, 29:363—376.